

DOSSIER PÉDAGOGIQUE 3
LANGUES, GÉOGRAPHIE, SCIENCES, HISTOIRE

CHANGEMENT CLIMATIQUE (1/2) : QU'EST-CE QUE C'EST ?

PLUS DE 100 ANS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES

CHANGEMENT CLIMATIQUE, EFFET DE SERRE, GAZ À EFFET DE SERRE, CAROTTES DE GLACE, GIEC



VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

PARTIE THÉORIQUE

QU'EST-CE QU'UN CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

DÉFINITION

Les conditions atmosphériques changent en permanence. La science qui étudie ces modifications à court terme (quelques jours) est la **météorologie**. Elle étudie les variations des phénomènes atmosphériques (nuages, dépressions, précipitations, etc.) en utilisant des données de terrain précises, comme la température, l'humidité, etc. La **climatologie**, elle, étudie la succession de ces conditions météorologiques sur le long terme, grâce à des statistiques basées sur au moins 30 ans de mesures. Cela permet de définir le climat d'une région (p.ex. continental, tropical humide, etc.).

Le climat global de la Terre et les climats régionaux sont déterminés par le "système climatique". Ce dernier est une machine extrêmement complexe, à l'échelle de la planète, constituée de toute une série d'interactions entre différents éléments[1]:

- l'atmosphère (interactions entre les vents, la composition de l'atmosphère, etc.)
- la lithosphère (position des continents, albédo, etc.)
- l'hydrosphère (courants océaniques, températures et composition des océans, mers et lacs, etc.)
- la cryosphère (création de courants océaniques froids profonds, albédo, etc.)
- la biosphère (influence sur la composition de l'atmosphère et des océans).

On considère souvent, à tort, que l'atmosphère est le compartiment prédominant en ce qui concerne les phénomènes climatiques. Pourtant les autres compartiments jouent un rôle tout aussi important dans la constitution et la régulation du climat de la planète.

On parle de **changement climatique** lorsque le climat global de la Terre ou l'ensemble des climats régionaux subissent une modification durable (au minimum sur une durée de dix ans). Un climat étant défini par de nombreuses variables, un changement climatique ne peut pas être réduit a priori à un simple changement de la température moyenne. Il comprendra très probablement aussi une modification de la valeur moyenne ou de la variabilité des précipitations, des vents, de l'humidité du sol, ...

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES PASSÉS

L'histoire de la Terre est une succession de changements climatiques. En effet, le climat varie en général peu dans une région donnée sur 100 ans, mais il peut varier considérablement à une échelle de temps géologique (centaines de milliers ou millions d'années). La paléoclimatologie est la science qui reconstitue le climat des époques passées, grâce à des indices trouvés dans des sédiments ou dans les glaces[2]. On sait aujourd'hui que les températures moyennes sur Terre ont déjà été beaucoup plus froides ou beaucoup plus chaudes qu'aujourd'hui. Grâce à ces études, les scientifiques ont pu déterminer les facteurs principaux qui influencent le climat de la Terre à l'échelle des temps géologiques:

- **Le mouvement de la Terre par rapport au soleil** (cycles de Mylankovitch). Ce mouvement varie très lentement sur des centaines de milliers d'années et influence la quantité d'énergie que la Terre reçoit du soleil. Par exemple, le parcours effectué par la Terre autour du soleil peut former une ellipse plus ou moins allongée.
- **La composition de l'atmosphère**. Certains composants de l'atmosphère, appelés "gaz à effet de serre" ont une influence directe sur le climat de la Terre, car ils influencent la quantité d'énergie solaire piégée par l'atmosphère (voir plus loin). La composition de l'atmosphère varie en fonction de nombreux paramètres (p. ex: émissions de gaz par des éruptions volcaniques, captures ou émissions de gaz par les plantes ou les océans, etc).

1 Pour plus d'informations, voir l'animation "La complexité du climat", disponible sur www.educapoles.org
2 Pour plus d'informations, voir l'animation "Le climat de la Terre à travers l'histoire", disponible sur www.educapoles.org

- **L'intensité de l'activité solaire**. Lors de périodes de forte intensité, la Terre reçoit plus d'énergie, ce qui influence les températures sur Terre.
- **La position des continents**. Les continents se déplacent lentement (mouvement des plaques tectoniques). Suivant leur position sur le globe, ils vont modifier les grands courants océaniques et influencer les courants atmosphériques, altérant ainsi le climat global de la Terre.

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ACTUEL

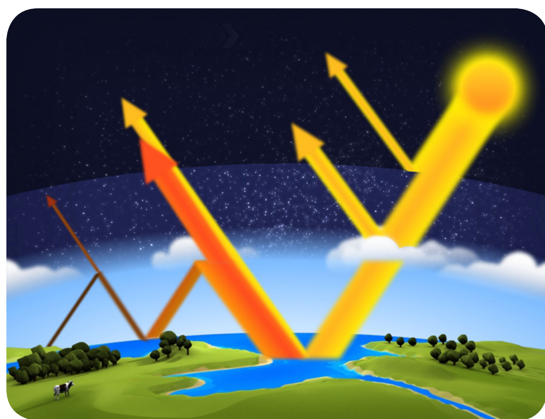
Si la Terre subit des changements climatiques depuis la nuit des temps, on peut se demander avec raison pourquoi l'on fait autant de bruit autour du changement climatique actuel, aussi appelé "réchauffement climatique". En réalité, le changement climatique actuel est inquiétant, car il est très rapide, ce qui diminue la possibilité d'adaptation pour de nombreuses espèces animales et végétales qui risquent de disparaître. Mais le changement climatique actuel est surtout unique, car c'est la première fois que l'Homme y joue un rôle important.

Le facteur prépondérant du changement climatique actuel est la modification de la composition de l'atmosphère. Pour mieux comprendre ce mécanisme, il faut distinguer l'effet de serre "naturel" de l'effet de serre "additionnel".

L'EFFET DE SERRE NATUREL[3]

L'atmosphère est une fine enveloppe de gaz qui englobe la Terre et protège les êtres vivant sur Terre. En effet, non seulement elle les protège des chutes de météorites et des excédents de rayons ultraviolets (grâce à la couche d'ozone), mais elle procure également une température moyenne agréable de 15°C à la surface de la planète grâce aux gaz à effet de serre qu'elle contient. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre naturel.
La Terre reçoit beaucoup d'énergie du soleil, sous forme de rayonnement (principalement sous forme de lumière). Une partie de cette énergie va être réfléchie directement dans l'espace par l'atmosphère, les nuages ou encore la surface de la terre (voir illustration ci-dessous). Le reste est absorbé momentanément, avant d'être rejeté sous forme de chaleur (rayons infrarouges). C'est là qu'entrent en action les gaz à effet de serre qui bloquent partiellement les rayons infrarouges et les empêchent de s'échapper immédiatement vers l'espace. En retenant ainsi un peu plus longtemps cette énergie, ils contribuent à augmenter la chaleur moyenne à la surface de la Terre. Au final, la Terre renvoie dans l'espace la même quantité d'énergie qu'elle reçoit du soleil, cependant, pas forcément immédiatement. Le mécanisme d'effet de serre naturel est vital: sans lui, la température moyenne sur Terre serait similaire à celle de la lune: -18°C.

Les gaz à effet de serre présents naturellement dans l'atmosphère sont principalement:



- la vapeur d'eau (H_2O) qui se forme par évaporation depuis le sol, les plantes, les rivières, les océans, etc.
- le gaz carbonique (CO_2) émis par exemple par la respiration humaine et animale, la décomposition d'un corps mort ou lors d'un incendie de forêt
- le méthane (CH_4) émis principalement par la décomposition dans les zones humides (marais, forêts tropicales, ...) et la digestion des animaux (en particulier les ruminants et les termites)
- le protoxyde d'azote (N_2O) émis par les océans et les sols

➥ Figure 1: Explication du mécanisme de l'effet de serre naturel. Image tirée de l'animation "L'homme, victime et responsable du changement climatique actuel", disponible sur www.educapoles.org

3 Pour une explication plus détaillée du mécanisme, voir les animations "L'homme, victime et responsable du changement climatique actuel" et "Equilibre général de la terre: le soleil, moteur du monde", disponibles sur www.educapoles.org

L'EFFET DE SERRE ADDITIONNEL

Depuis le début de la révolution industrielle, l'homme a émis une grande quantité de différents gaz dans l'atmosphère, principalement en brûlant du charbon, du gaz et du pétrole. Une partie de ces gaz sont des gaz à effet de serre. Leur accumulation dans l'atmosphère produit un effet de serre "additionnel", entraînant une modification du système climatique et une augmentation de la température moyenne sur Terre.

COMMENT A-T-ON DÉCOUVERT LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ACTUEL ?

Dès 1896, un scientifique suédois, Svante Arrhénius, présente une théorie complète sur l'effet de serre, basée sur des principes physiques uniquement. Il émettra ensuite l'hypothèse que la combustion des énergies fossiles par l'homme pourrait provoquer une augmentation conséquente de la concentration de CO_2 dans l'atmosphère, entraînant une progression arithmétique des températures. Il prévoyait un doublement de la teneur en CO_2 dans l'atmosphère d'ici 3000 ans. Pratiquement abandonnée suite à une erreur de mesures, cette théorie ressurgit dans les années 1950. L'américain Gilbert Plass crée alors un modèle climatique grâce à une nouvelle invention: l'ordinateur[4]. Il démontre que la quantité de CO_2 dans l'atmosphère peut bel et bien influencer le climat. Il prévoit une augmentation moyenne de la température terrestre de 1,1°C d'ici l'an 2000, suite à la combustion des ressources fossiles par l'homme (l'augmentation réelle a été de 0.6°C). Dès la fin des années 60, des scientifiques commencent à signaler que les modifications climatiques liées à cet effet de serre additionnel pourraient être problématiques pour le futur.

En 1958, dans le cadre de l'Année Géophysique Internationale, des scientifiques ont commencé à mesurer de manière régulière les teneurs en CO_2 dans l'atmosphère, en deux points du globe isolés et éloignés des sources anthropiques: l'un à Hawaii et l'autre en Antarctique. Dès les premières années de mesures, une augmentation constante de la teneur en CO_2 est confirmée. Ce travail a été continué de manière régulière jusqu'à aujourd'hui à Hawaii. On suppose aujourd'hui que le doublement de la teneur en CO_2 surviendra au milieu du 21[e] siècle, bien plus tôt que ne le supposait Arrhénius.

MESURES DANS LA GLACE: 800 000 ANS D'ARCHIVES DU CLIMAT

Dès 1966, l'étude de carottes de glace provenant des calottes glaciaires révèle des informations extrêmement précieuses. Des bulles d'air, emprisonnées par la glace au moment de sa formation, ont conservé jusqu'à aujourd'hui toutes les informations concernant la composition de l'atmosphère de l'époque[5]. On peut y mesurer les teneurs en différents gaz. De plus, un indicateur appelé "delta O18" mesuré dans la glace permet de calculer la température qu'il faisait à ce moment-là. En Arctique (Groenland), les carottes de glace permettent de reconstituer les conditions climatiques jusqu'à moins 115 000 ans, alors que la calotte antarctique, plus épaisse et donc contenant des glaces plus anciennes, fournit des informations remontant à 800 000 ans. Ces mesures ont permis de démontrer que l'augmentation de la quantité de CO_2 présente aujourd'hui dans l'atmosphère est très rapide: une hausse de 40% a été mesurée depuis le début de la révolution industrielle, et la teneur actuelle est la plus élevée depuis 800 000 ans.

LE SYSTEME CLIMATIQUE: DES INTERACTIONS COMPLEXES

Dans les années 70, de nouvelles données ont permis de calculer les émissions annuelles mondiales de CO_2 provenant de la combustion d'énergies fossiles. D'après les mesures faites à Hawaii, moins de la moitié du carbone émis se retrouvait dans l'atmosphère. Où allait le reste ? On le retrouve dans ce qu'on appelle le "cycle du carbone". Cette notion était connue depuis longtemps, mais de nombreuses recherches furent alors lancées

4 Voir également l'animation "La modélisation du climat", disponible sur www.educapoles.org
5 Pour plus de détails, voir l'animation "Les archives du climat" disponible sur www.educapoles.org

et permirent d'approfondir le sujet. Le carbone est contenu dans chacun des compartiments du système climatique: atmosphère, lithosphère (p.ex. calcaires), cryosphère, hydrosphère et biosphère. Ce système complexe est en équilibre grâce à des flux d'échanges permanents entre les compartiments (respiration des animaux, échange gazeux entre atmosphère et océans, etc.). Lorsqu'un déséquilibre intervient, comme les émissions additionnelles de CO_2 dans l'atmosphère par l'Homme, il se répercute sur tout le système: une partie du carbone additionnel est incorporé par les autres compartiments. Ainsi, une partie du CO_2 émis par les activités humaines est absorbé par l'hydrosphère, la biosphère, etc. L'augmentation de la teneur en CO_2 dans l'atmosphère n'est donc que le reflet d'une perturbation beaucoup plus importante qui touche à l'ensemble du fonctionnement de la planète. On constate aujourd'hui que cette augmentation s'accélère, ce qui pourrait indiquer que la Terre est en train de perdre sa capacité naturelle à absorber les milliards de tonnes de carbone émises chaque année.

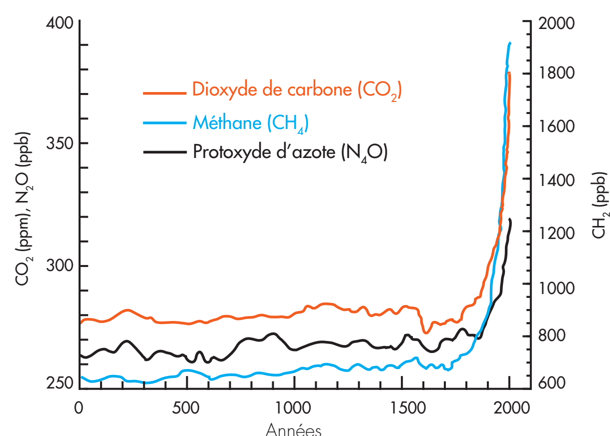


Figure 2: Concentrations de CO_2 , CH4 et N2O dans l'atmosphère, depuis 2000 ans (GIEC, 2007)

D'AUTRES GAZ À EFFET DE SERRE

Le CO_2 est le gaz à effet de serre le plus connu, car il est le principal gaz à l'origine de l'effet de serre additionnel. Il est aussi le premier à avoir été étudié. Cependant, dès 1975, on découvre qu'il existe d'autres gaz à effet de serre dont il faut également tenir compte: le méthane (CH_4), le protoxyde d'azote (N_2O), l'ozone troposphérique (O_3), les CFC, etc. Tous ces gaz sont transparents à la lumière visible et captent partiellement les rayonnements infrarouges.

Les activités humaines ont dégagé de plus en plus de ces gaz dont la quantité est en augmentation constante dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle (voir graphique). En effet, la combustion d'énergies fossiles pour les transports, le chauffage ou la production d'électricité dégage du CO_2 , l'utilisation d'engrais chimiques pour l'agriculture et certains procédés industriels dégagent du N_2O, l'élevage intensif de bétail augmente les émissions de CH_4 , etc. En plus d'augmenter la quantité de gaz à effet de serre présents naturellement dans l'atmosphère, les activités humaines dégagent également des nouveaux gaz à effet de serre, qui n'existaient pas auparavant. La plupart sont des gaz fluorés, comme les CFC. Ces gaz s'échappent par exemple des systèmes de réfrigération et de climatisation (p.ex. climatisation des voitures). De plus, certains gaz issus de la combustion d'hydrocarbures (transports, etc.) se combinent avec d'autres éléments présents naturellement dans l'atmosphère pour former de l'ozone troposphérique (O_3).

Chaque gaz à effet de serre a des spécificités propres. Par exemple, le CO_2 subsiste pendant au moins 100 ans dans l'atmosphère, alors que le méthane n'y reste que 12 ans environ. Cependant, le méthane est un gaz à effet de serre beaucoup plus puissant que le CO_2 . Pour mieux s'y retrouver, les scientifiques ont calculé un indice qui permet de comparer l'impact des différents gaz à effet de serre pour une durée de temps donnée: le PRG ou "Potentiel de Réchauffement Global". Le CO_2 a été pris comme référence pour cette comparaison, c'est pourquoi son PRG vaut 1..

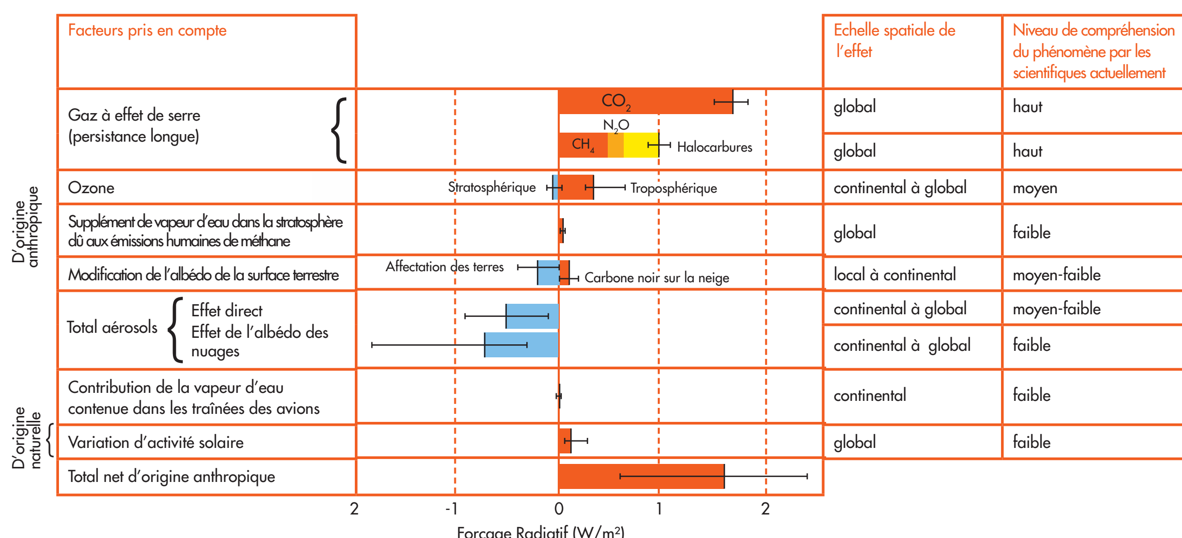
Quelques exemples de gaz à effet de serre	Durée de séjour approximative dans l'atmosphère	PRG (à 100 ans)
Gaz carbonique (CO_2)	100	1
Méthane (CH4)	12	25
Protoxyde d'azote (N2O)	114	298
HFC-23 (hydrofluorocarbure)	270	14800
HFC-134a (hydrofulorocarbure)	14	1430
Hexafluorure de soufre (SF6)	3200	22800

➥ (GIEC, 2007)

DES ÉLÉMENTS QUI TEMPÈRENT LE RÉCHAUFFEMENT

On réalise que le sujet est encore plus complexe qu'on ne le pensait lorsque, dès le début des années 70, des scientifiques mettent en avant différents phénomènes qui pourraient tempérer le réchauffement climatique. Ils mentionnent par exemple les aérosols qui assombrissent l'atmosphère et empêchent les rayons de soleil d'atteindre la Terre, ainsi que la possibilité que ces pollutions puissent favoriser la formation de nuages. Trente ans plus tard, le rôle des aérosols et des nuages dans le réchauffement climatique reste encore mal défini. Par la suite d'autres facteurs furent encore identifiés, comme l'albédo, par exemple.

Voici un tableau tiré du rapport 2007 du GIEC qui résume les impacts probables de ces différents facteurs sur le changement climatique actuel. On y voit que le principal facteur d'origine anthropique qui influence le climat est les émissions de gaz à effet de serre (CO_2 , N_2O, CH_4 , ozone, etc.). Les autres facteurs (variation de l'albédo lié à l'utilisation des sols, émissions d'aérosols, etc.) ont beaucoup moins d'impact. Par exemple, l'effet des aérosols est estimé à une diminution du rayonnement reçu d'environ 0,5 W/m^2 (voir fig.3), mais la compréhension de ce phénomène est considérée faible voire moyenne à l'heure actuelle. Cependant, malgré les incertitudes et les nombreux points qui restent encore à préciser, il ressort clairement que l'impact total des activités humaines sur le climat est d'induire un réchauffement global, principalement suite aux émissions de gaz à effet de serre: l'impact anthropique total correspond à une augmentation du rayonnement reçu d'environ 1.5 W/m^2.



➥ Figure 3: Impact des différents facteurs influençant le changement climatique actuel (GIEC, 2007)

POURQUOI CE SUJET EST-IL SI CONTROVERSÉ ?

Accepter la réalité du changement climatique et la responsabilité de l'homme dans ce dernier nous oblige à remettre en question notre mode de vie, de production et de consommation. Avant d'en arriver là, chaque personne souhaiterait avoir des preuves irréfutables du changement climatique et des prévisions précises quant aux conséquences à venir. Or, comme nous l'avons vu, le sujet est très complexe. De plus, la science avance par confrontation d'hypothèses contradictoires qu'il faut ensuite confirmer ou infirmer, ce qui prend un certain temps. Il est donc difficile pour le grand public de se positionner dans ce débat complexe et de longue haleine.

CONSTITUTION DU GIEC

Pour répondre à cette problématique, l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) ont fondé en 1988, à la demande du G7, le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC ou IPCC en anglais). La mission de cet organisme est d'analyser et de synthétiser, de manière compréhensible, toutes les informations scientifiques, techniques et socio-économiques sur l'évolution du climat. Des centaines de scientifiques y collaborent, dans le but de permettre aux dirigeants de prendre des décisions en connaissance de cause. Cet organisme ne mène donc aucune recherche lui-même et n'effectue aucune mesure. Il ne fait que réunir, analyser et synthétiser les résultats de toutes les recherches publiées sur ce sujet.

Les publications officielles du GIEC prennent en compte à la fois les points qui font consensus et ceux qui font encore débat au sein de la communauté scientifique, sans oublier les incertitudes attachées aux résultats présentés. Ces rapports sont considérés comme une référence, car ils sont le fruit d'un long débat contradictoire entre experts. Quatre rapports ont été délivrés à ce jour en 1990, 1995, 2001 et 2007[6]. Certains scientifiques "sceptiques" contredisent parfois les rapports du GIEC dans les médias. Cependant la plupart ne remettent pas en cause les conclusions générales du GIEC, mais plutôt des détails techniques: par exemple certaines méthodes de calcul ou la manière dont certains facteurs ont été pris en compte.

CERTITUDES ET CONSÉQUENCES

Aujourd'hui, les scientifiques ont déjà pu observer et mesurer de très nombreuses modifications importantes, autant d'indices qui témoignent de façon indirecte qu'un changement climatique est en cours: hausse de températures moyennes dans la majorité des régions, augmentation des températures des eaux de surface des océans, fonte des glaces, migration de la faune et apparition de certains végétaux dans de nouvelles régions, etc. Il faudra encore de nombreuses années avant d'avoir une bonne vue d'ensemble des différents phénomènes, car la tâche d'observation est immense. Cependant, malgré les zones d'ombre qui restent à éclaircir, le consensus est général: le climat se réchauffe.

Les modèles climatiques ne parviennent à reproduire toutes les variations mesurées depuis 30 ans que si on intègre les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. Les paramètres naturels seuls ne suffisent pas à expliquer les modifications observées. Cet argument, ainsi que plusieurs autres d'ordre technique expliquent qu'à l'heure actuelle la grande majorité des scientifiques reconnaît une responsabilité humaine au changement climatique actuel. Ce qu'il est important de retenir ici c'est que, si nous sommes à l'origine de ces bouleversements, nous avons également le pouvoir d'améliorer la situation en agissant dès aujourd'hui.

Pour en savoir plus sur les conséquences du changement climatique actuel, aujourd'hui et dans le futur, lisez la deuxième partie de ce dossier: "Changement climatique (2/2): conséquences dans le monde et dans les régions polaires", disponible sur www.educapoles.org.

6 Ces rapports ainsi que de nombreux graphiques sont disponibles en anglais et en français sur le site www.ipcc.ch

GLOSSAIRE:

Aérosols: Particules solides ou liquides de très petite taille (de l'ordre du micron) en suspension dans l'air.

Albédo: Rapport entre l'énergie renvoyée par une surface et l'énergie incidente. L'albédo est exprimé sur une échelle allant de 0 à 1. Il sera de 0 pour un corps noir, de 0,1 environ pour un sol couvert de végétation, de 0,8 environ pour la neige fraîche et de 1 pour un miroir parfait.

Anthropique: Relatif à l'activité humaine

Biosphère: Ensemble des organismes vivants présents sur Terre. Utilisé dans un autre contexte, ce terme peut également englober les interactions des organismes entre eux et avec la terre, l'eau ou l'atmosphère.

Calotte glaciaire: Masse de glace qui recouvre totalement ou partiellement un continent. Allant jusqu'à plusieurs kilomètres d'épaisseur, les calottes glaciaires sont constituées par des dizaines de milliers d'années d'accumulation de neige.

Climat: Conditions climatiques moyennes dans un endroit donné (températures, précipitations, …) calculées d'après des statistiques annuelles et mensuelles basées sur au moins 30 ans d'observations. Il est caractérisé par des valeurs moyennes, mais également par des variations et des extrêmes.

Cryosphère: Ensemble des glaces présentes sur Terre (glaciers, calottes polaires, neiges, pergélisols, etc.)

Delta O18: (s'écrit $\delta^{18}O$) Indicateur basé sur la mesure d'isotopes d'oxygène présents dans un échantillon. Pratiquées dans les carottes de glace ces mesures permettent de retrouver des températures anciennes, puisque le rapport d'isotopes ^{18}O et ^{16}O présents dans la neige varie en fonction de la température.

Lithosphère: Enveloppe externe de la Terre, rigide et subdivisée en plaques tectoniques mobiles les unes par rapport aux autres.

Ozone: (O_3) Dans la haute atmosphère, la couche d'ozone est une concentration d'ozone qui filtre une partie des rayons ultraviolets émis par le soleil. Cette couche protectrice est menacée par la pollution (p.ex CFC). Lorsqu'il est dans la basse atmosphère, l'ozone agit comme gaz à effet de serre et est un polluant majeur de l'air, nocif pour la santé de l'homme, des animaux et des plantes. Cet "ozone troposphérique" (ou "mauvais ozone") est principalement d'origine anthropique. Il se forme par réaction entre des éléments produits par la combustion d'hydrocarbures et l'oxygène.

RESSOURCES:

Découvrez l'animation "L'homme, victime et responsable du changement climatique actuel" qui explique le phénomène d'effet de serre et détaille les différents gaz à effet de serre et leur provenance, ainsi que l'animation "La biodiversité: changements climatiques" et le dossier pédagogique "Changements Climatiques (2/2): conséquences dans le monde et dans les régions polaires"disponibles sur EDUCAPOLES, le site éducatif de la fondation polaire internationale (IPF).
De nombreuses activités pédagogiques y sont également proposées.
http://www.educapoles.org (NL, FR, EN)

D'autres sites où trouver de l'information sur le changement climatique actuel :
http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/changement-climatique/effet-serre.shtml (FR)
http://www.exploratorium.edu/climate/ (EN)
http://www.climatechange.be/climat_klimaat/nl/evolutie.html et http://www.klimaatportaal.nl/ (NL)

Un dossier pédagogique sur le climat et les changements climatiques avec des informations pratiques, des méthodologies, des pistes pour aller plus loin et des fiches élèves:
http://www.klimaat.be/climat_klimaat/fr/climatcestnous.html (FR)
http://www.klimaat.be/climat_klimaat/nl/inweervoorklimaat.html (NL)

PARTIE PRATIQUE

ENJEUX D'APPRENTISSAGE

L'apport de la science dans la compréhension des changements climatiques est essentiel. Ce dossier permet de continuer à faire prendre conscience aux élèves que la science est un ensemble de méthodes rationnelles et rigoureuses permettant de comprendre les phénomènes complexes qui régissent notre univers. Aborder la complexité c'est aussi permettre de comprendre que toute la planète et ses habitants sont concernés par les changements climatiques en cours. Enfin, le rôle des écrits scientifiques est primordial et il est important d'aborder ce sujet avec les élèves en leur faisant d'une part récolter des données et produire des notes personnelles sous différentes formes (textes, tableaux, dessins, schémas, ...), et d'autre part étudier des documents scientifiques destinés à la communication. Deux enjeux semblent ainsi se dégager:

- Développer chez les élèves une attitude scientifique. Mettre l'accent sur la démarche scientifique (expérimentations, observations, approche systémique, analyse de données, modélisations, simulations).
- Faire prendre conscience aux élèves que le système climatique est un phénomène complexe et que son étude par la communauté scientifique a permis de mettre en évidence de manière certaine un réchauffement important.

LES ACTIVITÉS DE CE DOSSIER

1) MESURES ET RECHERCHES "LA MÉTÉOROLOGIE ET LE CLIMAT"

Groupe cible	<12 ans	Durée	mesures quotidiennes puis 60 minutes
Objectif	Récolter des données scientifiques, traduire des données en graphique, résumer l'information, faire la distinction entre météorologie et climat.		

Partie météorologie: Réunir les appareils de mesures d'une station météo et apprendre aux élèves à les lire. Charger les élèves de relever les mesures quotidiennement, par groupe (par exemple une semaine par groupe) et de créer un graphique illustrant l'évolution de certains paramètres (T°, pression, etc.). Faire ensuite une synthèse des résultats de tous les groupes (réunir les graphiques pour voir l'évolution sur un mois, p. ex.).

Distinction entre météorologie et climat:

- Après avoir lu les deux définitions, demander aux élèves d'expliquer avec leurs mots, la différence entre climat et météorologie.
- Leur demander de trouver, à l'aide de la carte des climats dans le monde, dans quelle zone climatique ils habitent aujourd'hui.
- Mettre en rapport les observations météorologiques faites avec le climat de la région choisie (Cela correspond-il ? Combien de mesures faut-il pour déterminer le climat d'une région ?, etc.)
- Après une courte introduction sur les conséquences du changement climatique actuel (réchauffement, augmentation des précipitations par endroits (voir notre dossier "Changement climatique (2/2): conséquences dans le monde et dans les régions polaires"), demander aux élèves d'inventer leur propre "bulletin météo" pour un jour de l'année 2020 dans votre région, en s'aidant du tableau de relevés météorologiques.
- Leur demander ensuite s'ils pensent qu'ils seront toujours dans la même zone climatique en 2020. Si non, demander dans quelle zone ils pourraient être.

2) "EXPÉRIENCES SUR L'EFFET DE SERRE"

Groupe	12-15 ans	Durée	45 minutes
Objectif	Mieux comprendre l'effet de serre grâce à une expérience pratique.		

Selon le niveau des élèves et les explications reçues, leur faire deviner ou leur expliquer les trois situations suivantes:

- Le récipient sans film plastique représente la terre sans effet de serre
- Le récipient avec film plastique troué représente l'effet de serre naturel
- Le récipient avec film plastique non troué représente l'effet de serre renforcé (avec effet de serre additionnel)

3) RÉFLEXION DE GROUPE ET ACTIVITÉ "ET NOUS, QUE PEUT-ON FAIRE ?"

Groupe	15-18 ans	Durée	30 minutes
Objectif	Réfléchir sur des actions réelles à mener (travail en groupe), possibilité de réaliser un projet concret pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre.		

Selon ses préférences, l'enseignant peut encourager les groupes d'élèves à choisir plutôt des projets d'envergure (p. ex. campagnes de communication dans l'établissement scolaire, évaluation de la consommation énergétique du collège et des possibilités d'économies, etc.) ou plutôt des actions personnelles et isolées (p. ex. baisser le chauffage d'un degré à la maison). Les projets d'envergure peuvent donner lieu à des approfondissements de différents thèmes (énergie, pollution, etc.). Quels que soient les projets choisis, faire le point quelques semaines plus tard. C'est une manière de démontrer l'impact d'une campagne de communication.
En général, lorsque des projets d'envergure sont entrepris, on constate un impact important. A l'inverse, les petits gestes à échelle individuelle sont vite abandonnés. A moins d'une grande motivation, il n'est pas facile de faire changer les choses !

D'autres exemples d'activités d'envergure:

- Etablir une liste des véhicules les plus polluants et les moins polluants du moment, ainsi qu'un résumé des dernières technologies mécaniques qui permettent d'économiser le carburant (voitures hybrides, voitures à hydrogène, électriques, etc.). Donner une copie du résultat aux autres élèves de la classe. Remarque: demander d'investiguer la façon dont sont produits l'hydrogène et l'électricité.
- Faire une enquête sur les teneurs en ozone de l'atmosphère dans la région (auprès de la station météorologique de la région).
- Organiser des conférences sur l'alimentation et créer des posters qui sensibilisent non seulement à l'impact de notre nourriture sur la santé, mais aussi sur l'environnement (émissions de gaz à effet de serre, déforestation, transport de marchandises, etc.).

Après une courte introduction auprès des élèves sur les principales sources de gaz à effet de serre, on peut leur demander d'indiquer, pour chacune des activités de leur liste, quel est le (ou les) gaz à effet de serre dont les émissions diminueraient.

D'AUTRES IDÉES D'ACTIVITÉS

- Réaliser des expériences qui révèlent la complexité des phénomènes climatiques. Par exemple, effectuer des relevés de température autour de l'école à différents endroits et à différents moments de la journée afin d'observer les variations quotidiennes et les différences de température selon les différents lieux.-
  Rechercher sur internet les derniers chiffres d'émissions de gaz à effet de serre dans votre pays.
  Europe: http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2008_5/en/ghg_trends_2008.pdf
  Belgique: http://www.climat.be / http://www.klimaat.be/
  France: http://www.effet-de-serre.gouv.fr/emissions_de_ges
  Angleterre: http://www.naei.org.uk/ etc.

LA MÉTÉOROLOGIE ET LE CLIMAT

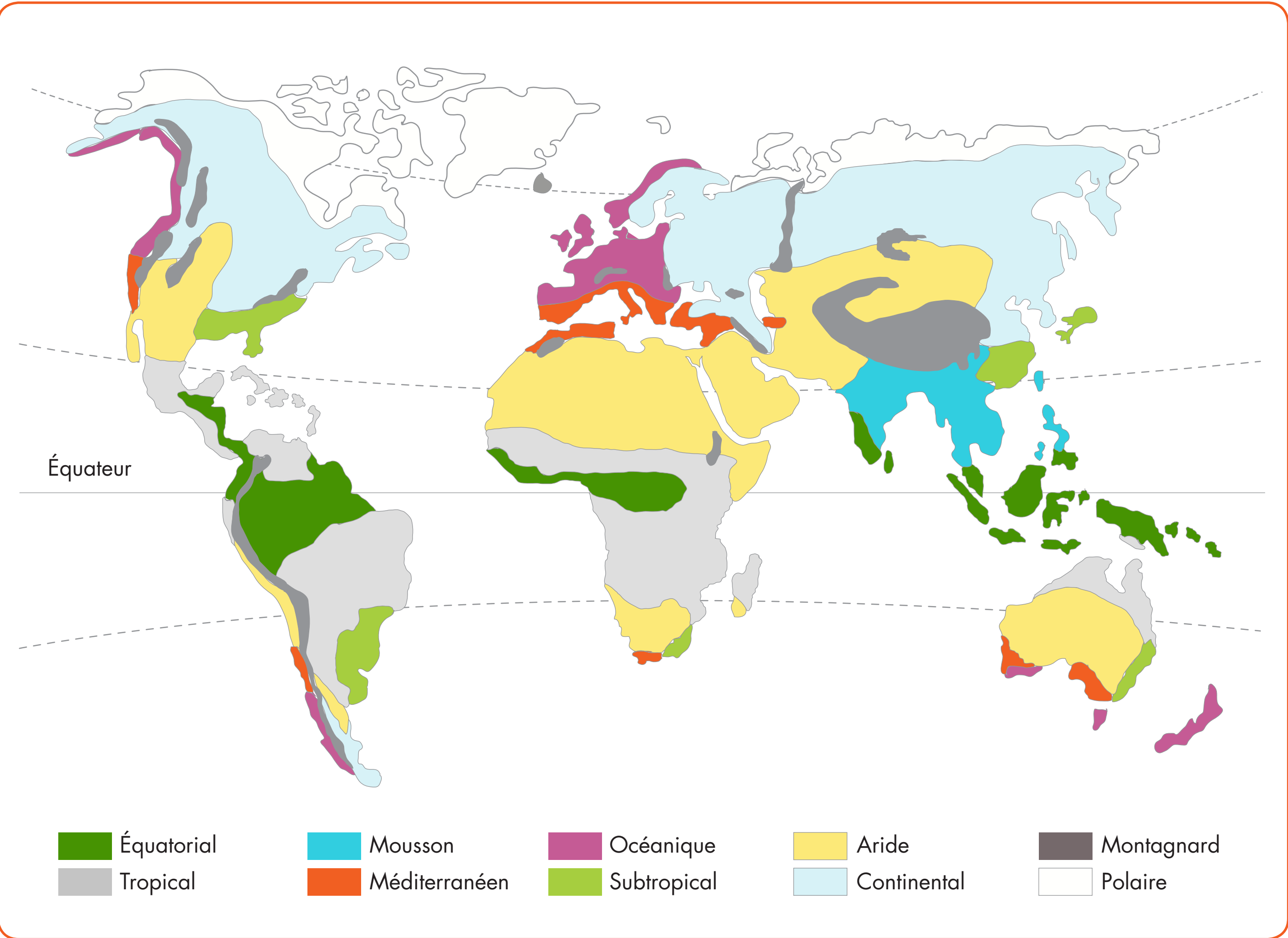
1) RELEVÉS MÉTÉOROLOGIQUES

La **météorologie** est la science qui étudie les variations des phénomènes atmosphériques (nuages, pluie, neige, vents, ...). Le but est de comprendre comment ces phénomènes se forment et comment ils évoluent. Pour cela, on utilise des données de terrain précises, comme la température, la quantité d'humidité, ...

Date										
Température										
Taux d'humidité										
Précipitations (en cm)										
Vitesse du vent										
Direction du vent										
Couverture nuageuse										
Type de temps										

2) LE CLIMAT DE MA RÉGION, AUJOURD'HUI ET DEMAIN

La **climatologie** est la science qui étudie la succession de conditions météorologiques sur de longues périodes de temps en un endroit donné, grâce à des statistiques basées sur au moins 30 ans de mesures. Cela permet de définir le climat d'une région.



EXPÉRIENCES SUR L'EFFET DE SERRE

SIMULATION DU PRINCIPE D'EFFET DE SERRE

MATÉRIEL

- 3 saladiers / aquariums transparents
- 3 thermomètres
- 3 lampes de bureau s'il n'y a pas de soleil
- 1 rouleau de film plastique

L'EXPÉRIENCE

1. Remplir les 3 récipients avec la même quantité d'eau (2 cm environ)
2. Fixer un thermomètre sur la paroi intérieure en veillant à ce que l'extrémité soit plongée dans l'eau
3. Recouvrir 2 des récipients d'un film plastique
4. Sur un des films tendus sur les récipients, réaliser des trous d'environ 1 cm de diamètre
5. Placer les 3 récipients au soleil (ou sous une lampe de 100 Watts)
6. Pendant 30 minutes, observer les variations de température toutes les 5 minutes dans chacun des récipients et les noter.

Récipient 1	Heure						
	Température						
Récipient 2	Heure						
	Température						
Récipient 3	Heure						
	Température						

7. Ecrire un rapport contenant:

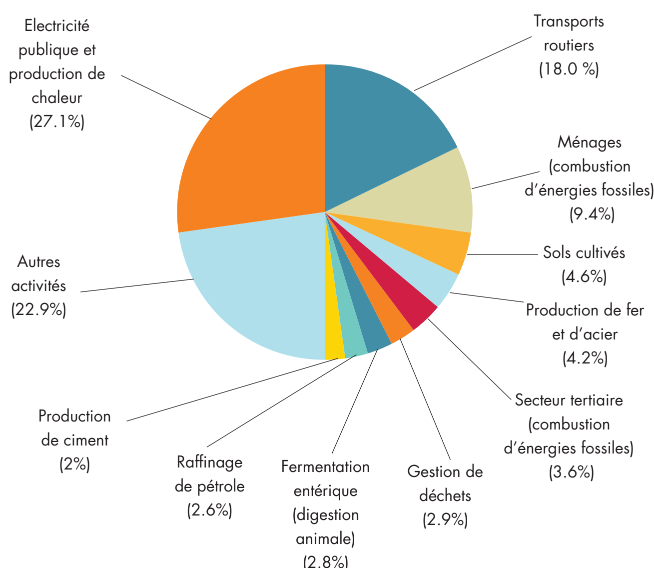
- un graphique sur lequel on reporte les données mesurées (trois courbes sur un seul graphique)
- une explication physique de la différence de mesures entre les différents récipients
- une réponse aux questions suivantes:

  a) Quel est le parallèle entre cette expérience et l'effet de serre ?
  b) Que représente chaque récipient ?
  c) Quels sont les principaux gaz à effet de serre ?
  d) Quelles sont les actions humaines qui produisent des gaz à effet de serre ?

ET NOUS, QUE PEUT-ON FAIRE?

1) DONNÉES

➥ Répartition par secteur des émissions de gaz à effet de serre en Europe (EU-27) pour l'année 2006 (Source: European Environment Agency, rapport n°5/2008)



En Europe, la majorité des émissions de gaz à effet de serre provient de la production d'électricité et du chauffage, ainsi que du secteur des transports (individuel et transport de marchandises).

L'industrie produit également beaucoup de gaz à effet de serre, soit en utilisant des sources d'énergies fossiles pour alimenter les usines en énergie, soit en produisant directement des gaz lors des procédés de fabrication (p. ex. produits chimiques).

D'autres sources sont par exemple les systèmes de climatisation (voitures ou immeubles), les élevages de bovins, les engrais utilisés dans l'agriculture, etc.

Si les Européens se contentent des politiques et mesures actuelles, la consommation d'énergie augmentera de 26 % d'ici 2030 – et les combustibles fossiles resteront la source principale d'approvisionnement.

Note: Les émissions des transports aériens et maritimes internationaux ne sont pas comprises dans ce tableau (car non couverts par le protocole de Kyoto). Si elles étaient incluses, elles représenteraient respectivement 2.4 et 3.2 % des émissions de l'EU-27.

2) TOUT EST POSSIBLE

Faites une liste de toutes les actions qui vous semblent possibles dans votre environnement proche et qui auraient pour effet de diminuer les émissions de gaz à effet de serre. Les actions possibles vont des petits gestes quotidiens (p. ex. éteindre la lumière) jusqu'aux mesures médiatiques (p. ex. campagne de sensibilisation), en passant par des mesures d'établissement (p. ex. mise en place d'un système de recyclage des déchets).

Votre liste doit contenir au minimum 15 propositions différentes.

3) PASSEZ À L'ACTE!

Parmi les propositions que vous avez faites dans votre liste, choisissez-en 5 qui vous semblent réalisables dans votre vie actuelle. Numérotez-les de 1 à 5. Mettez en première position l'action qui vous est la plus chère, celle que vous êtes prêts à mettre en pratique directement et tous les jours.

Et lancez-vous: appliquez réellement à partir d'aujourd'hui l'action à laquelle vous avez attribué le chiffre 1 !